

## 지중송전계통에서 OF케이블의 교량 첨가시 모델 수립 및 해석

이현석, 이종범  
원광대학교

### Analysis and Model Establishment of OF Cable Underneath a Bridge on Underground Power Cable Systems

Hyun-Suk Lee, Jong-Beom Lee  
Wonkwang University

**Abstract** - This paper analyses crossbonded cable system underneath a bridge. The simulation is performed under various system configuration such as cable length, iron frame size, lightning surge. The simulation models are established by EMTP/ATPDRaw. In this paper, the crossbonded cable system underneath a bridge is also analyzed for insulation coordination of iron frame and cables.

#### 1. 서 론

국가의 경제 성장 더불어 국민의 생활수준의 향상으로 인하여, 전력은 대도시를 중심으로 집중되고 있다. 이런 대도시에 공급신뢰도의 문제와 환경적인 제약을 극복하기 지중선로의 비율은 점차 증가하는 추세이다. 이에 따라 케이블에 대한 중요성이 매우 커질 것이다[1-2].

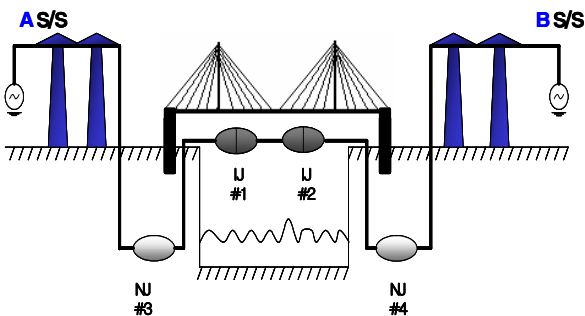
현재, 대부분의 송전케이블이 지중에 매설되어 있지만 국가의 지형적인 특성상 대도시에는 다리와 케이블이 함께 포설된 교량첨가식 선로가 많이 설치되어 있으므로 교량첨가식 선로에 대해 각종과도현상 분석이 이루어져야 한다. 그러나 국내의 경우는 각종 서지에 대해 지중케이블 계통에 대해서만 연구가 이루어져있다. 즉 케이블계통 전체계통에 있어서 신뢰성 확보 및 보호대책 마련을 위해 교량이 첨가된 케이블계통에 대해 정확하고 체계적인 연구가 필요하다[3].

따라서 본 논문은 교량이 첨가된 혼합송전선로를 EMTP/ATPDraw를 사용하여 모델링하고 크게 정상상태와 과도상태(뇌서지)로 나누어 철구조물의 유무, 철구조물의 크기 그리고 선로길이의 평형 및 불평형에 대해 지중케이블과 교량구간을 시뮬레이션 결과를 분석함으로써 교량이 첨가된 혼합송전선로의 보호방안 및 절연협조에 기초자료로 이용하도록 하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 모델링

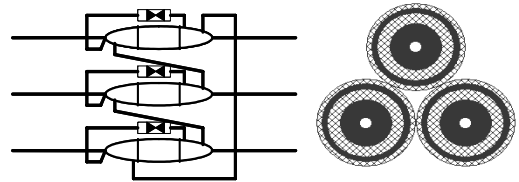
그림 1은 본 논문에서 사용되는 교량이 첨가된 혼합송전선로의 계통도를 나타낸 것이다. 가공선로는 154[kV] 상도체 ACSR 330[mm], 가공지선 ACSR 120[mm] 사용하여 선로의 길이를 10[km]씩 모의하였다. 지중선로는 154[kV] OF 2000[mm] 케이블을 사용하여 총 선로길이가 2.205[km]로 이루어져 있으며, 그중 1.77[km](420[m],800[m],550[m])구간은 그림 1과 같이 교량첨가식 선로로 구성되어 있다. 계통에서 케이블의 인입, 인출부분의 접지는 1[Ω]을 적용하였으며, 철구조물로 이루어진 교량은 10[Ω]을 적용하여 모델링하였다.



〈그림 1〉 계통도

##### 2.2 교락비접지와 케이블포설방식

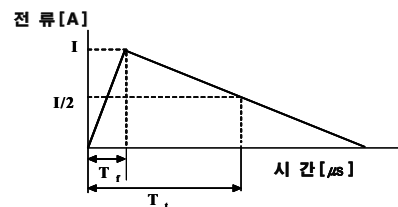
지중 선로 구간에 크로스본드를 하고 케이블에 서지가 침입했을 경우 접속함 접지 단자간 전압(절연통간 전압)과 절연 접속함의 접지단자와 대지간의 전압(시스-대지간 전압)을 절연 내력 이하로 제한할 목적으로 CCPU(Cable Covering Protection Unit)를 설치한다. 이런 CCPU의 결선 방식으로는 대지간방식, 교락접지방식, 교락비접지방식, 혼합방식이 있는데, 본 논문에서는 그림 2에서와 같이 교락비접지방식을 적용하여 모델링하였다. 지중케이블은 154[kV] 2000[mm] OF케이블을 전력구식 삼각배열 방식을 적용하여 포설하였다.



〈그림 2〉 교락비 접지방식과 케이블의 전력구식 삼각배열

##### 2.3 뇌격 모델링

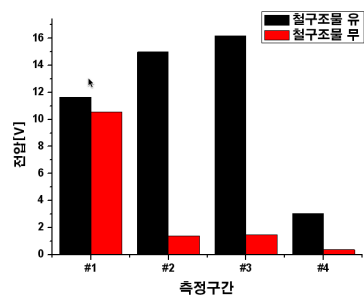
뇌격은 그림 3과 같이 파두시간과 파미시간이 2×70[μs]인 램프파형을 이용하였으며, 뇌도 임피던스는 400[Ω]을 적용하여 뇌격을 모의하였다. 모의된 뇌격은 그림 1의 계통에서 A S/S에서 8[km]떨어진 지점에서 가공선로의 A상에 침입한 것으로 가정하였다.



〈그림 3〉 뇌격전류 파형

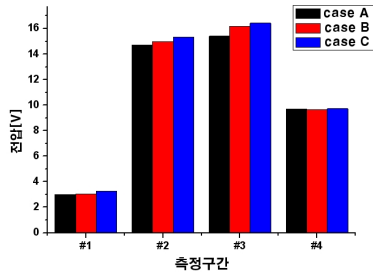
##### 2.4 정상상태분석

그림 4는 정상상태에서 철구조물의 유무에 따른 시스-대지간전압을 나타낸 것이다. 철구조물의 영향으로 인하여 전체적으로 시스-대지간전압이 철구조물이 없는 경우보다 높게 나타나며, 철구조물이 있는 경우는 시스-대지간 전압이 상승특성을 나타낸다.



〈그림 4〉 철구조물의 유무에 따른 시스-대지간전압

그림 5는 정상상태에서 표 2의 철구조물의 크기가 케이블계통에 미치는 영향을 분석하기 위해 단면적의 크기에 변화를 주어 측정한 시스-대지간 전압이다. 그림에서 알 수 있듯이 철구조물에서 단면적의 크기는 케이블계통의 큰 영향을 주지 않는다.



<그림 5> 철구조물의 단면적크기에 따른 시스-대지간 전압

### 2.5 과도상태분석

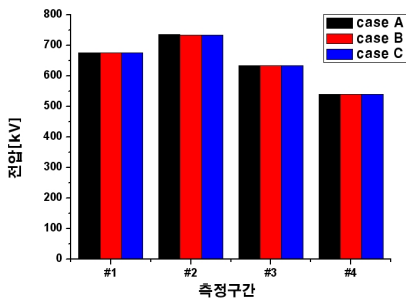
가공선로를 통해 유입되는 뇌서지가 지중선로구간 및 교량선로구간 분석에 있어서 표 2와 같이 케이스를 산정하여 분석하였다.

<표 1> 철구조물과 케이블의 크기에 따른 케이스

분류	단면적의 크기
Case A	철구조물 > 케이블
Case B	철구조물 = 케이블
Case C	철구조물 < 케이블

#### 2.5.1 도체과전압

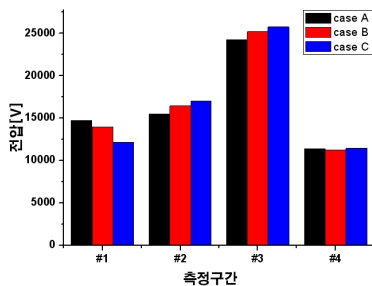
그림 6은 철구조물 단면적크기에 따라 뇌서지 침입시 도체에 유기되는 뇌과전압이다. 지중선로구간에서 교량구간으로 케이블의 수직적인 위치 변화되는 #1, #2구간에서 도체 과전압이 상승하는 것을 알 수 있으며, 도체 뇌과전압에 있어서 철구조물의 단면적크기의 영향은 미약하다.



<그림 6> 도체과전압

#### 2.5.2 시스대지간전압

그림 7은 철구조물 단면적크기에 따라 뇌서지 침입시 시스-대지간 전압을 분석한 결과이다. 그림에서처럼 철구조물의 단면적의 크기에 대해서 큰 영향은 없지만 정상상태인 그림 5와 비교해 볼 때 약 1400배가 상승하였으며, #3에서 최대시스전압이 나타나므로 이 부분의 절연상태에 대해 주의를 기울여야 한다고 사료된다.



<그림 7> 시스-대지간전압

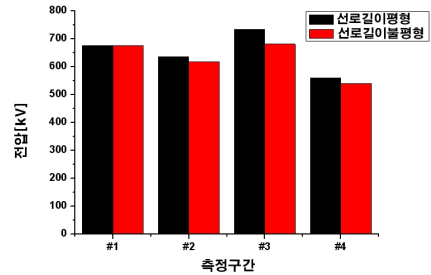
#### 2.5.1 선로길이에 따른 과도상태분석

선로길이가 평형 또는 불평형인 경우 과도상태에 대한 분석을 위해 표 2와 같이 케이스를 산정하였다.

<표 2> 선로길이에 따른 케이스

분류	길이
Case A	300[m],300[m],300[m]
Case B	420[m],800[m],550[m]

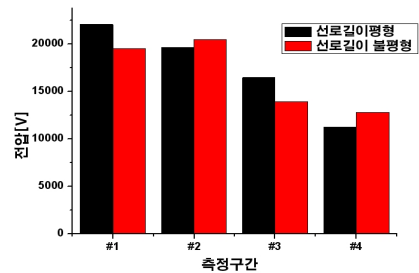
그림 8은 지중선로 및 교량구간의 선로길이가 평형인 경우와 불평형인 경우에 도체 과전압을 나타낸 것이다. 그림에서처럼 선로길이가 불평형인 경우가 과전압이 높게 발생함을 알 수 있다.



<그림 8> 도체과전압

#### 2.2.3 선로길이에 따른 시스-대지간 전압

그림 9는 선로길이가 평형인 경우와 불평형인 경우에 지중선로 및 교량구간에서의 시스-대지간 전압을 나타내고 있다. 선로길이가 평형한 경우는 과전압이 점차 감소하는 특성을 나타내지만 불평형인 경우는 케이블의 변위 및 불평형한 선로길이의 영향으로 그림 9와 같이 나타나는 것으로 사료된다.



<그림 9> 시스-대지간전압

## 3. 결 론

본 논문에서는 혼합선로 중 다리에 관한 철 구조물과 가공선로로부터 침입한 뇌서지의 영향 및 케이블간의 거리, 너격의 크기, 철구조물과 케이블과의 크기에 따른 절연통간 전압을 분석하였으며 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 정상상태에서 철 구조물의 영향으로 시스-대지간 전압이 상승함을 보였다.
- 2) 뇌서지 침입시 철 구조물의 단면적크기의 영향이 미약하다.
- 3) 뇌서지 침입시 선로길이가 불평형인 경우가 도체 과전압이 높게 발생한다.

### [참 고 문 헌]

[1] 한국전력공사, “지중송전 케이블의 써어지 보호대책에 관한 연구”, 1993  
 [2] 한국전력공사, “지중배전계통의 과도현상 해석 및 보호대책 연구(최종보고서)”, 2007  
 [3] A.Ametani, “Transient analysis of a crossbonded cable system underneath a bridge”, IEEE Transaction on Power delivery, Vol.5, No.2, April 1990